

**Vergleichende Untersuchungen
über das Dimensionsverhalten von Zahn- und
Kiefermodellen aus Gips und Kunststoff**

von

Walter Werner Knab

aus

Alt-Lublitz Kr. Troppau (CSSR)

1972

Aus der Prothetischen Abteilung
(Vorstand: Prof. Dr. M. Hofmann)
der Klinik und Poliklinik
für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten
der Universität Erlangen-Nürnberg

Vergleichende Untersuchungen über das Dimensionsverhalten von Zahn- und Kiefermodellen aus Gips und Kunststoff

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde
der Hohen Medizinischen Fakultät
der Friedrich-Alexander-Universität
Erlangen-Nürnberg

vorgelegt

von

Walter Werner Knab

aus

Alt-Lublitz Kr. Toppau (CSSR)

Gedruckt mit Erlaubnis der Medizinischen Fakultät der
Universität Erlangen-Nürnberg



Dekan: Prof. Dr. Dr. H. Pauly

Referent: Prof. Dr. L. Kobes

Korreferent: Prof. Dr. M. Hofmann

Tag der mündlichen Prüfung: 28.11.1972

Inhaltsverzeichnis

A	Einleitung und Problemstellung	S.	2
B	Material und Methode	S.	3
C	Hauptteil	S.	6
	1. Literaturüberblick	S.	6
	2. Versuchsanordnung	S.	9
	3. Beschreibung der Versuchsanordnung	S.	11
	4. Herstellung der Modelle	S.	14
	5. Versuche mit Hartgipsmodellen	S.	21
	6. Versuche mit Kunststoffmodellen	S.	25
	7. Auswertung der Meßergebnisse	S.	28
	8. Ergebnisse	S.	30
	9. Bewertung der Ergebnisse	S.	31
	10. Mögliche Fehlerquellen	S.	33
D	Diskussion der Ergebnisse	S.	35
E	Zusammenfassung	S.	38
F	Schrifttum	S.	40

A) EINLEITUNG UND PROBLEMSTELLUNG

In der Gnathologie (angewandte Artikulationslehre) ist man darauf angewiesen, mit Kieferabgüssen zu arbeiten, die üblicherweise aus Gips bestehen. Diese Modelle sind zwar hart, aber an der Oberfläche leicht verletzbar. Da bei einer Reihe gnathologischer Techniken mit Bruchteilen von Millimetern gearbeitet wird, ist man auf der Suche nach anderen, nicht auf der Grundlage von Gips basierenden Materialien für diese Modelle. Es bieten sich selbsthärtende Acrylate an, die eine weitaus größere Widerstandsfähigkeit gegen mechanische Beschädigung aufweisen. Als Nachteil dieser Polymerisate, welcher ihre Benutzung für die Modellherstellung bislang verbot, muß die Polymerisations-schrumpfung (7,8 Vol.% SPRETER VON KREUDENSTEIN (1)) genannt werden.

Es ist Aufgabe vorliegender Arbeit, zu klären, ob und unter welchen Bedingungen selbstpolymerisierende Kunststoffe auf Acrylatbasis für die Modellherstellung verwendet werden können und wie sich ein solches Modell aus Kunststoff maßstabbezogen zu einem gegebenen Ausgangsmodell verhält.

Um die bisher verwendeten Hartgipsmodelle mit den

Kunststoffmodellen vergleichen zu können, wurden außerdem Modelle aus Hartgips, die unter Verwendung von ALGINAT - Abformmaterial hergestellt wurden, auf ihr Dimensionsverhalten untersucht.

Zusätzlich zu diesen Untersuchungen wurde nach einer Möglichkeit gesucht, die Modelltreue der Hartgipsmodelle durch geänderte Herstellungsverfahren zu verbessern.

B) MATERIAL UND METHODE

1. Kombination SILIKON - Abformmaterial / Kunststoff

Als Modellmaterialien wurden Autopolymerisate aus der Gruppe der Polymethylmethacryle verwendet. Folgende 3 Selbstpolymerisate standen zur Verfügung:

1. PALADUR ROSA STANDARD (WZ.Fa.KULZER & CO Bad Homburg)
2. PALAVIT G (WZ.Fa.KULZER & CO Bad Homburg)
3. PALAVIT M (WZ.Fa.KULZER & CO Bad Homburg)

Als Abformwerkstoff wurden folgende 2 SILIKON - Abformmassen verwendet:

1. SILAPLAST (WZ.Fa.DETAX - DENTAL Karlsruhe)
2. LASTIC 55 (WZ.Fa.KETTENBACH Wissenbach)

Chargennummern s.S.39

2. Kombination ALGINAT - Abformmaterial / Hartgips

Um einen Vergleich der bisher verwendeten Hartgipsmodelle mit den Kunststoffmodellen zu ermöglichen, standen am Anfang der Untersuchungen einige Versuche mit Hartgipsmodellen aus DUROC (WZ.Fa.THE RANSOM & RANDOLF CO. Toledo Ohio USA) in Verbindung mit dem ALGINAT - Abformmaterial PALGAT (WZ.Fa.ESPE GMBH Seefeld Oberbayern)

Chargennummern s.S.39

Vorversuche

Um die Meßpunkte an dem Ausgangsmodell (Unterkiefer - FRASACO - Modell A3 WZ.Fa.FRANZ SACHS & CO Tettngang) für die vergleichenden Untersuchungen festzulegen,wurden einige Vorversuche unternommen.Durch diese Vorversuche sollte die Zahl der Meßpunkte begrenzt werden,um die Ergebnisse leicht überschaubar zu halten.Sie dienten außerdem dazu,festzustellen,in welcher Art und Weise Verformungen (Verwindungen) auftreten und ob die Veränderung der Form erfaßbar ist. Auf dem Ausgangsmodell (Unterkiefer - FRASACO - Modell A3,Abb.3) wurde auf allen Zähnen je ein zwei Millimeter tiefer Meßpunkt senkrecht eingefräßt.Verwendet wurde eine Fräse Nr. 78/24 der Fa. HAGER & MEISINGER GMBH Düsseldorf.Von dieser Standardform wurden fünf Modelle unter Verwendung der Materialien PALADUR ROSA STANDARD und SILAPLAST hergestellt und vermessen.Die Herstellung der Modelle wird auf Seite 14 beschrieben und das Meßverfahren wird auf Seite 11 erläutert.Die Vermessung dieser fünf Modelle führte zu folgendem Ergebnis: Alle Modelle waren geschrumpft. Diese Schrumpfung äußerte sich in einer Verkürzung aller

Meßstrecken. Die Schrumpfung war jedoch nicht in allen Punkten der Modelle gleich groß, sondern in Höhe der Zahnkronen geringer wie am Modellsockel. Die stärkste Schrumpfung war im Bereich der ersten Molaren zu verzeichnen. Aufgrund dieser Ergebnisse wurden die Meßpunkte in den Bereich der ersten Molaren gelegt, weil in diesem Bereich die größten Differenzen zu erwarten waren, und sich die einzelnen Materialien so am besten vergleichen ließen.

C) HAUPTTEIL

1) a Das Dimensionsverhalten selbstpolymerisierender Kunststoffe (Literaturüberblick)

SKINNER (2) hat für seine Versuche eine Messingform benutzt, die er mit selbstpolymerisierendem Kunststoff ausfüllte. Die nach der Polymerisation des Kunststoffes auftretenden kapillaren Spalten zwischen Kunststoff und Messingform hat er mit dem Mikroskop ausgemessen. Er bestätigte die von SPRETER VON KREUDENSTEIN theoretisch ermittelten Werte. SCHRÖDER und SANTORIK (3) und SCHOONOVER (4) haben Dilatometermessungen angestellt. LOCKOWANDT und STÜBEN (5) haben zunächst ebenfalls das Dilatometer zu ihren Untersuchungen benutzt, dann jedoch diese Methode wegen zu großer Fehlerquellen verworfen und ihre Versuche unter Benutzung des Archimedischen Prinzips fortgesetzt, wobei sie Beobachtungen von der 10. Minute bis zur 72. Stunde nach dem Anrühren anstellten.

CASTAGNOLA (6) und SPRETER VON KRUDENSTEIN haben ihre Experimente mit Färbeversuchen unternommen.

CASTAGNOLA hat extrahierte, mit Kunststofffüllungen versehene Zähne einer Farblösung ausgesetzt und nachher

an Zahnschliffen das Eindringen des Farbstoffes geprüft.

Alle Autoren sind sich einig, daß für die Dimensionsänderungen während der Polymerisationsphase ausschließlich der monomere Anteil verantwortlich ist. Nach WEIKART (7) vermindern sich bei der Polymerisation des Methacrylsäuremethylesters als Folge der Bildung von Makromolekülen die ursprünglich molekularen Distanzen zu atomaren. Dabei kommt es zu einer Volumenverminderung von rund 23 Vol.%. Da aber der polymere Anteil (Pulver) bereits voll auspolymerisiert vorliegt, kann nur das Monomer schrumpfen. Bei einem Mischungsverhältnis von zwei Teilen Pulver zu einem Teil Flüssigkeit ist der monomere Anteil nur zu einem Drittel an der Polymerisation beteiligt. Diese Überlegung führte SPRETER VON KREUDENSTEIN zu dem theoretisch ermittelten Wert von 7,8 Vol.%, der von den verschiedenen Autoren im Experiment bestätigt wurde. Die Ergebnisse schwanken zwischen 5 - 8 Vol.%. Mit theoretischen Überlegungen hat SPRETER VON KREUDENSTEIN ebenfalls die Abhängigkeit der Schrumpfung vom Mischungsverhältnis gezeigt. Je größer der mono-

mere Anteil ist, desto größer müsse auch die Schrumpfung sein. HILLER (8), CASTAGNOLA und ARX (9), VOGEL (10) und KAUFMANN (11) haben mit ihren Experimenten diese Theorien bewiesen.

GÜNTZER (12) untersuchte das Dimensionsverhalten von Autopolymerisaten unter dem Einfluß erhöhten Druckes während der Polymerisationsphase. Er hat bei seinen Untersuchungen festgestellt, daß sich die Abhängigkeit der Schrumpfung vom Mischungsverhältnis Pulver / Flüssigkeit durch eine Polymerisationsführung unter Wasser im Polyclavgerät bei einem Druck von 3 kp/cm^2 ausschalten läßt. Es ergab sich eine im Mittel um 2,34 Vol.% größere Schrumpfung als bei der Polymerisation unter normalen Luftdruckverhältnissen, die aber vom Mischungsverhältnis unabhängig war. Die Untersuchungen der Polymerisation im Polyclavgerät ohne Wasser ergaben bei GÜNTZER eine im Mittel um 2,17 Vol.% größere Schrumpfung als bei der Polymerisation unter normalen Druckverhältnissen.

Schlußfolgerung für die vorliegende Arbeit :

Da alle Polymerisationsvorgänge unter Wasser bei einem Druck von 3 kp/cm^2 abliefen, wurde das Mischungsverhält-

nis Pulver / Flüssigkeit nicht speziell berücksichtigt.
Der Einheitlichkeit halber wurden jedoch die vom Hersteller vorgeschlagenen Mischungsverhältnisse genau eingehalten. (Mischungsverhältnisse s.S. 16)

1) b Präzision der Abformmaterialien
(Literaturüberblick)

SILIKONE

HOFFMANN und LUDWIG (13) haben das Dimensionsverhalten verschiedener Abdruckwerkstoffe untersucht. Bei ihren Messungen stellten sie fest, daß die untersuchten Erstabdruckmaterialien, zu denen auch das in dieser Arbeit verwendete SILAPLAST gehörte, eine sehr hohe Abformgenauigkeit aufweisen. Die größte lineare Dimensionsänderung betrug nach sechstägiger Lagerzeit 0,5 %.

SCHWINDLING (14) hat Silikonabdrücke nach verschiedenen langen Lagerungszeiten mit Modellwerkstoffen ausgegossen. Der Durchmesser des Versuchskörpers betrug 10 mm und die Abbindeexpansion des Modellwerkstoffes 0,1 %. Seine Untersuchungen ergaben, daß die besten Ergebnisse mit einer Abformmassenschicht von 1 mm Stärke erzielt werden können.

FUCHS und KOBES (15) führten ihre Untersuchungen an einem Phantommodell mit 3 nebeneinanderliegenden stilisierten Kronenstümpfen durch. Sie stellten fest, daß bei der Abformung von 3 nebeneinanderliegenden Prüfkörpern in den meisten Fällen der sagittale Durchmesser des Stumpfmo-

delles um durchschnittlich 0,035 mm, in einzelnen Fällen bis 0,20 mm größer war, als der transversale Durchmesser. Die Stumpfmodelle zeigten bei der Vermessung eine mehr oder weniger starke längsovale Verformung.

EFFINGER (16) führte Elastizitätsmessungen an silikonhaltigen Massen durch. Er stellte fest, daß die Abhängigkeit der Längenzunahme von der jeweiligen Belastung im Belastungs- und Entlastungsversuch identisch und streng reproduzierbar war. Bei der Bestimmung des Volum- und Gewichtsverhaltens der silikonhaltigen Massen, die er ebenfalls durchführte, ergaben sich Abweichungen von den Ausgangswerten nach 3 Tagen Lagerzeit an der Luft von -1,5 bis -3,0 % für das Volumen und von -0,6 bis -1,6 % für das Gewicht.

Die Untersuchungen von ILG (17) ergaben, daß SILIKON - Abformmassen während und anschließend an ihren Härtungsvorgang Dimensionsänderungen aufweisen. Die Proben machten bis etwa 15 Minuten nach Beginn des Anmischens eine scharf ausgeprägte primäre Kontraktion durch, die anschließend in eine Expansionsphase überging, die nach etwa 1 - 2 Stunden ihren Höhepunkt erreichte.

Die Ergebnisse von FUCHS und KOBES stehen im Gegensatz zu den Untersuchungen von HOFMANN und LUDWIG. Dieser Unterschied beruht auf den Einflüssen der Fließvorgänge und

der Abflußmöglichkeiten des Abformmaterials. Es wurde deshalb vorgeschlagen, diese Einflüsse auf die Präzision des Negatives durch die Verwendung des kleinstmöglichen perforierten Abdrucklöffels auszuschalten.

Darüberhinaus führt die Eigenschaft der SILIKONE, sofort nach Härterzusatz Elastomere zu bilden, zu unterschiedlichen Abformungen bei verschieden langer Anmischzeit. Aus diesem Grunde muß die Forderung nach konstanter Anmischzeit erhoben werden.

ALGINATE

ALGINAT - Abformmaterialien werden mit Wasser angerührt. Sie neigen deshalb zu Volumenverlusten durch Wasserverdunstung. Dieser Vorgang kann auch durch eine feuchte Lagerung der Abdrücke nicht verhindert werden.

BUCHAN (18) hat trotz einer feuchten Lagerung in Zellstoff folgenden Volumenverlust bei ALGINAT - Abdrücken gefunden: Nach 120 Minuten 2,01 - 2,28 % , nach 240 Minuten 3,96 - 4,15 % und nach 24 Stunden 19,24 - 25,68 %.

SCHWICKERATH (19) stellte bei seinen Versuchen mit ALGINATEN fest, daß sich zwischen Abdrucklöffel und Zahn-

reihe 3 mm Platz für das Abformmaterial befinden müssen, wenn man präzise Abformungen erreichen will. Mit wesentlich größerem Raum wächst auch die Abbindungskontraktion, mit zu kleinem Raum die Deformierung an jenen Stellen, wo der Abdruck an unter sich getrennten Partien vorbeigeführt wird.

Nach SCHWICKERATH (20) läßt die Kenntnis vom Fließverhalten der Alginatabformmaterialien wichtige Rückschlüsse auf das Verhalten beim Gebrauch zu. Seine Untersuchungen haben weiter ergeben, daß nicht nur das Mischungsverhältnis, sondern auch die Temperatur des Anmischwassers von entscheidender Bedeutung für den Abbindevorgang und für die Präzision der Abformung ist.

Als praktische Nutzenanwendung der Ergebnisse wird festgehalten :

Dem Abformmaterial muß ein gleich langer (oder gleich kurzer) Abflußweg zur Verfügung stehen, da sonst Deformationen des Negatives zu erwarten sind.

Es ist auf gleichmäßige Schichtstärke des Abformmaterials zu achten.

Die Abdrücke müssen sofort ausgegossen werden.

Für die Bewertung der Ergebnisse ist es wichtig, festzuhalten :

Die zu erwartenden Dimensionsänderungen der Kiefermodelle sind nicht alleine dem Modellmaterial zuzuschreiben, sondern sie beruhen auf Dimensionsänderungen des Modellmaterials und des Abformwerkstoffes.

2. Versuchsanordnung

Für die Versuche wurde als Ausgangsmodell ein Unterkiefer - FRASACO - Modell A 3 (WZ.Fa.FRANZ SACHS & CO Tettnang) verwendet. An einem Querschnitt des Modells, der durch die ersten Molaren gelegt wurde, soll das Prinzip der Messungen erläutert werden.

Die eingezeichnete Gerade d wurde durch die Meßpunkte festgelegt. Die Drehung dieser Geraden war ein Maß für die Kippung des Alveolarfortsatzes.

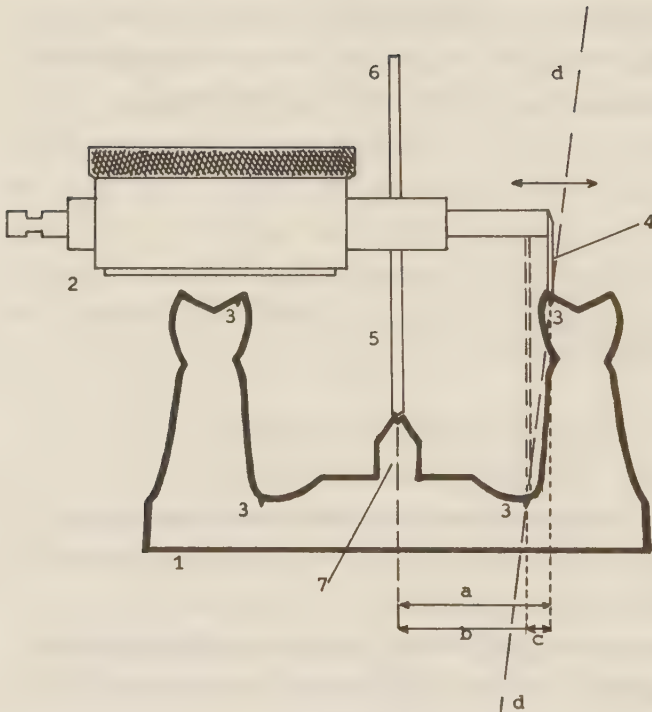


Abbildung 1 : FRASACO - Modell A3 und Meßuhr

1 FRASACO - Modell, 2 Meßuhr, 3 Meßpunkte, 4 auswechselbarer Meßstift, 5 nicht auswechselbarer Meßstift
6 Stift zum Einspannen der Meßuhr in NEY - Vermessungsgerät, 7 Messingstift, a, b, c = Meßstrecken

3. Beschreibung der Versuchsanordnung

Wie die Vorversuche ergeben haben, zeigen sich Dimensionsänderungen beim Kiefermodell in Form einer komplexen Formänderung, die als Verwindung bezeichnet werden kann. Das Problem, diese Verwindung metrisch zu erfassen, bestand darin, Strecken zu finden, deren Endpunkte definiert waren und die Aufschluß über die Verwindung der Modelle ergaben. Außerdem mußten die Endpunkte der Meßstrecken genügend weit auseinander liegen, um meßbare Differenzen zu erbringen. Die Endpunkte mußten so gestaltet sein, daß sie durch die Abformmaterialien möglichst exakt wiedergegeben und mit einem Meßgerät genau erfaßt werden konnten. Als Bezugspunkt für die Messungen wurde in der Mitte des Ausgangsmodells, in Höhe der ersten Molaren ein Messingstift (Höhe 7 mm, Durchmesser 6 mm, Abb. 3) einpolymerisiert, in dessen Spitze eine 2 mm tiefe kegelförmige Vertiefung senkrecht mit einer Fräse Nr. 78/24 (Fa. HAGER & MEISINGER GMBH Düsseldorf) eingefräßt wurde. Die selben Vertiefungen wurden in die lingualen Höcker- spitzen der ersten Molaren und jeweils senkrecht darunter in dem dem Mundboden entsprechenden Teil des Mo-

dells eingefräßt. Diese senkrecht eingefräßten Vertiefungen bildeten die Meßpunkte. Durch jeweils zwei von ihnen, der eine auf der Höckerspitze und der andere senkrecht darunter, ließ sich eine Gerade legen, die in direktem Zusammenhang mit der Verwindung der Modelle stand. Die Messungen wurden mit einer Meßuhr (WZ.Fa. GOST UDSSR, s.S.17) vorgenommen, an die zwei parallele Stifte angebracht wurden, die an der Spitze zu einem stumpfen Kegel zugearbeitet wurden, der genau mit den eingefräßten Meßpunkten übereinstimmte. Der eine Stift am beweglichen Teil der Meßuhr war auswechselbar, weil für die Messungen auf den Höckerspitzen und senkrecht darunter zwei Stifte verschiedener Länge erforderlich waren. Die Meßstifte wurden aus 1 mm dickem Stahldraht hergestellt und hatten eine Länge von 12 und 18 mm. Bei der Meßuhr wurde eine der beiden vorhandenen Rückstellfedern ausgebaut, weil sich gezeigt hatte, daß die etwas zu große Rückstellkraft der Meßuhr den beweglichen Stift aus den Meßpunkten herausdrückte. Die noch verbliebene eine Rückstellfeder der Meßuhr übte nur eine ganz geringe Rückstellkraft (1,5 p) aus, welche das Meßergebnis nicht beeinflussen konnte.

Für die Versuche wurde die Meßuhr mit einem zusätzlich angebrachten Stift in ein NEY - Vermessungsgerät der Firma DEGUSSA (Abb.4) eingespannt, um für alle Versuche gleiche Bedingungen zu gewährleisten. Die Modelle wurden, wie in Abb.4 zu sehen ist, waagrecht eingespannt. Dabei wurde der Zahnbogen mit einer Wasserwaage waagrecht eingestellt, um etwaige Ungenauigkeiten des Modellsockels auszuschalten. Die Meßuhr hatte eine Meßgenauigkeit von $1/100$ mm, ablesbar waren aber noch $2/1000$ mm. Bei den Versuchen wurde auf $1/100$ mm genau gemessen, da bei $2/1000$ mm die Meßfehler zu groß gewesen wären. Mit der Meßuhr wurden die in Abbildung 1 angegebenen Strecken a und b gemessen. Die Differenz c der Strecken a und b ist ein Maß für die Drehung der Geraden d und somit für die Verwindung der Modelle.

Bei den hergestellten Modellen waren die Strecken a und b immer kürzer, wie auf dem Ausgangsmodell. Die Strecke b wurde immer mehr verkürzt, wie die Strecke a.

4. Herstellung der Modelle

a) Abdrucknahme

Für die Abdrücke wurden die beiden SILIKON - Abformmassen SILAPLAST und LASTIC 55 verwendet. Um für die ganze Versuchsreihe vergleichbare Verhältnisse zu schaffen und die Reproduzierbarkeit der Ergebnisse zu gewährleisten, wurden die Abformmaterialien genau mit Hilfe der beigegefügt Dosierskalen angemischt. Da die Untersuchungen von HOFMANN und LUDWIG ergeben haben, daß die besten Ergebnisse mit einem perforierten Abdrucklöffel zu erzielen sind, wurde ein perforierter Unterkieferlöffel Nr. 1 der Firma EHRICKE verwendet. Der Abdrucklöffel wurde mit 3 Stahlstiften versehen, die in Führungslöcher auf der Grundplatte, auf der das Ausgangsmodell für die Abdrucknahme befestigt war, hineinpaßten. Auf diese Weise wurde verhindert, daß der Abdrucklöffel verdreht oder verkantet und der Abdruck durchgedrückt wurde. Außerdem wurde der Abdrucklöffel immer bis zum Rand mit Abformmaterial gefüllt.

b) Kunststoffmodelle

Bei der Herstellung der Kunststoffmodelle wurde folgendermaßen vorgegangen: Die Abdrücke wurden in vier Schichten ausgegossen. Nach dem Anrühren des

Kunststoffes wurde 30 Sekunden mit dem Ausgießen der Abdrücke gewartet. Bei den ersten beiden Schichten wurde so verfahren, wie es in den Verarbeitungshinweisen für PALAVIT M angegeben ist: Der Abdruck wird mit dem angerührten Kunststoff durch Schwenkbewegungen in gleichmäßig dünner Schicht ausgegossen. (Mischungsverhältnis Flüssigkeit : Pulver = 1 : 2) Durch Umdrehen des Abdrucks läuft das überschüssige Material aus. An den Wandungen bildet sich ein dünner Film, der im Drucktopf aushärten muß. Dann wurden die Abdrücke mit zwei weiteren Schichten, ohne sie umzudrehen, ganz ausgegossen. Der Sockel der hergestellten Modelle hatte eine Stärke von 1 cm. Das Ausgießen der Abdrücke mit zwei dünnen Schichten am Anfang soll die Schrumpfung der Modelle auf ein Minimum senken. Die erste Schicht hatte an den Flächen eine Stärke von 0,8 mm und an den Kanten und Ecken eine solche von 1,2 bis 1,3 mm. Die zweite Schicht war an allen Stellen um 0,2 mm dicker.

Das Mischungsverhältnis spielte bei diesen Versuchen keine Rolle, da ein Wasserdrucktopf (NIRODUR - Wasserdrucktopf der Firma DORSCHER KG Saarbrücken) verwendet wurde. Wie bereits angeführt, hat GÜNTZER festgestellt,

daß bei einem Polymerisationsablauf unter Wasser bei einem Druck von 3 kp/cm^2 das Mischungsverhältnis für die Schrumpfung keine Rolle spielt.

Um die Reproduzierbarkeit der Ergebnisse zu gewährleisten, wurde jedoch ein konstantes Mischungsverhältnis eingehalten. Es wurde ein Verhältnis von 1 : 2 gewählt, das zwischen den Werten für flüssig ($3 : 5 = 1 : 1,666$) und fest ($2 : 5 = 1 : 2,5$) liegt. (Mischungsverhältnis = Gewichtsverhältnis Flüssigkeit : Pulver) Jede Kunststoffschicht wurde bei einem Druck von 3 kp/cm^2 und einer Wassertemperatur von $22,0 \pm 0,2$ °C 10 Minuten im Wasserdrucktopf aushärten gelassen. Nach der Polymerisation der Schichten 3 und 4 hatte das Wasser eine Temperatur von $23,4 \pm 0,3$ °C. Bei den ersten beiden Schichten war die Kunststoffmenge zu gering um eine Erhöhung der Wassertemperatur hervorzurufen.

Der mit dem Kunststoff ausgefüllte Abdruck wurde in den bis zum Rand mit Wasser gefüllten Drucktopf gelegt. Dann wurde der Drucktopf mit einer etwa 1 cm dicken Gummipatte verschlossen, auf die noch eine Metallplatte kam. Der Drucktopf wurde anschließend unter die Presse gestellt. Durch die Presse wurde die Gummipatte zusammen-

gedrückt, was zu einer Druckerhöhung im Drucktopf führte.
Der Wasserdruck war auf einem an dem Drucktopf angebrachten Manometer ablesbar. Es wurde eine ölhydraulische HYDROFIX - KÜVETTENPRESSE der Firma HERBST Bremen verwendet. (Abb. 5)

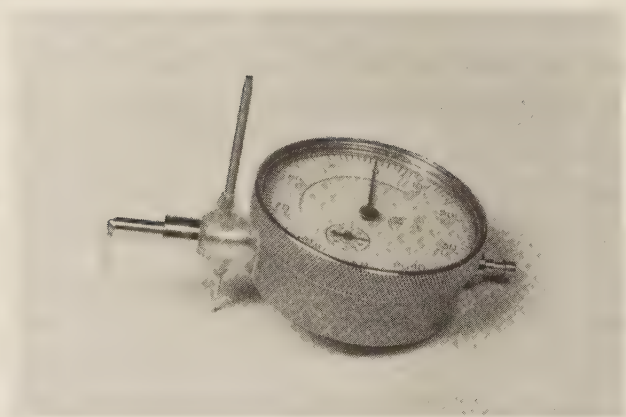


Abbildung 2: Verwendete Meßuhr (WZ.Fa.GOST UDSSR)

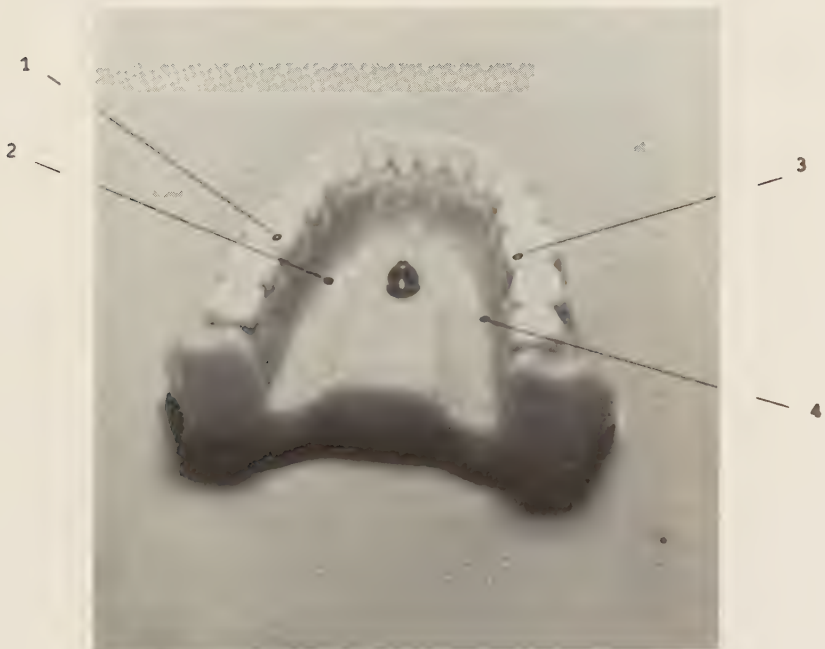


Abbildung 3: FRASACO - Modell A3 mit einpolymerisiertem Messingstift (WZ.Fa.FRANZ SACHS & CO Tett nang) Nr. 1, 2, 3, 4 = Meßpunkte
(Die Meßpunkte sind hervorgehoben)



Abbildung 4: NEY - Vermessungsgerät mit eingespannter
Meßuhr und FRASACO - Modell

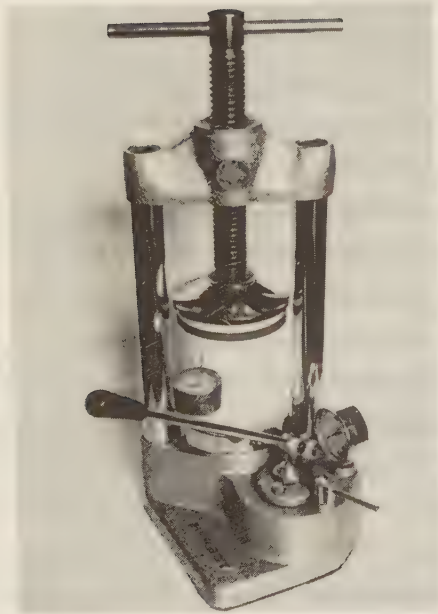


Abbildung 5: NIRODUR - Wasserdrucktopf in der ölhy-
draulischen HYDROFIX - Küvettenpresse
der Firma HERBST Bremen

5. Versuche mit Hartgipsmodellen

Um eine Vergleichsmöglichkeit der Kunststoffmodelle mit den bisher verwendeten Hartgipsmodellen bezüglich des Dimensionsverhaltens zu haben, wurde am Anfang dieser Untersuchungen eine Meßreihe mit Hartgipsmodellen durchgeführt. Folgende Materialien fanden dabei Verwendung:

Für die Abdrücke das ALGINAT - Abformmaterial PALGAT (WZ.Fa.ESPE GMBH Seefeld Oberbayern)

Für die Modelle der Hartgips DUROC (WZ.Fa.THE RANSOM & RANDOLF CO. Toledo Ohio)

Um die Hartgipsmodelle mit den Kunststoffmodellen vergleichen zu können, wurde bei der Modellherstellung laborüblich verfahren: Die Abdrücke wurden auf einmal ausgegossen. Der Hartgips wurde mit einem Mischungsverhältnis von 22 cm^3 Wasser zu 100 g Pulver angerührt. Die Raumtemperatur lag bei 23°C bei einer relativen Luftfeuchtigkeit von 55 %. Das Wasser, das zum Anrühren des Abformmaterials und des Hartgipses verwendet wurde, hatte eine Temperatur von $22,5 \pm 0,2^\circ\text{C}$. Das Abformmaterial wurde mit Hilfe der mitgelieferten Meßbecher angerührt. Es wurden 10 Gipsmodelle hergestellt und vermessen. (Lineare Abbindeexpansion des Hartgipses: 0,1 %)

Folgende Dimensionsänderungen wurden festgestellt:

Maximale Abweichung: 30/100 mm

Minimale Abweichung: 14/100 mm

Einzelwerte:

0,28 mm 0,22 mm 0,24 mm 0,30 mm 0,19 mm

0,27 mm 0,14 mm 0,20 mm 0,29 mm 0,25 mm

Die Dimensionsänderung der Hartgipsmodelle äußerte sich im Gegensatz zu der in den Vorversuchen festgestellten konstanten Kippung der Kunststoffmodelle nach vestibulär, in einer Kippung des Alveolarfortsatzes nach vestibulär und nach lingual. Bei 40 % der Hartgipsmodelle konnte eine Kippung der Zahnreihe nach lingual nachgewiesen werden.

Zusatzversuche:

Um festzustellen, ob die heute übliche Methode der Modellherstellung mit Hartgips und Alginat noch verbesserungsfähig ist, wurden einige Zusatzversuche unternommen. Zuerst wurde die Abhängigkeit der Dimensionsänderung der Hartgipsmodelle von der Dicke des Modellsockels nachgewiesen. Es wurden je 3 Modelle mit dünnem (5 mm)

und dickem (5 cm) Sockel hergestellt.

Dabei ergaben sich folgende Dimensionsänderungen:

a) Modelle mit dünnem Sockel: 0,14 mm 0,13 mm 0,19 mm

b) Modelle mit dickem Sockel: 0,29 mm 0,34 mm 0,37 mm

Diese Meßwerte zeigen die Abhängigkeit der Dimensionsänderung der Hartgipsmodelle von der Stärke des Modellsockels.

Nachdem diese Ergebnisse vorlagen, war zu erwarten, daß bei einem Verfahren der Modellherstellung, das die Einflüsse des Modellsockels auf das Dimensionsverhalten der Hartgipsmodelle ausschließt, geringere Dimensionsänderungen zu erwarten waren. Dieses Verfahren wurde gefunden und sieht folgendermaßen aus: Im ersten Arbeitsgang wurde nur die Zahnreihe mit Hartgips ausgegossen. In den noch weichen Gips wurden 4 Retentionsringe (WZ.Fa.DEGUSSA Frankfurt/M) eingesetzt um eine Verbindung mit der zweiten Hartgipsschicht herzustellen. Nachdem die erste Schicht abgebunden hatte, (nach 1/2 h) wurde diese mit KERR MICROFILM (WZ.Fa.KERR MFG.CO.Detroit S.Michigan USA) isoliert und der Abdruck ganz mit Hartgips ausgegossen. (Sockelstärke 1 cm) Mit Hilfe dieses Verfahrens wurden ebenfalls 3 Modelle hergestellt.

Es ergaben sich folgende Werte für die Dimensions-
änderung:

0,08 mm 0,11 mm 0,12 mm $m = 0,10 \text{ mm}$
(m = Mittelwert)

Diese Werte zeigen, daß die Genauigkeit der Hart-
gipsmodelle durch geänderte Verarbeitung noch ver-
bessert werden kann.

Die Zusatzversuche wurden mit den gleichen Materia-
lien und unter den gleichen Bedingungen, wie sie auf
Seite 21 angegeben sind, durchgeführt.

6. Versuche mit Kunststoffmodellen

Von jeder Kombination Abformmaterial / Kunststoff wurden 10 Modelle hergestellt. Folgende Kombinationen waren möglich:

SILAPLAST / PALADUR ROSA STANDARD

SILAPLAST / PALAVIT G

SILAPLAST / PALAVIT M

LASTIC 55 / PALADUR ROSA STANDARD

LASTIC 55 / PALAVIT G

LASTIC 55 / PALAVIT M

Da durch die Vorversuche das Dimensionsverhalten der Kunststoffmodelle schon prinzipiell geklärt wurde, konnte bei der Hauptversuchsreihe, um die Ergebnisse übersichtlich und leicht vergleichbar zu halten, folgendermaßen vorgegangen werden:

Die Dimensionsänderung gegenüber dem Ausgangsmodell wurde am mesio - lingualen Höcker des ersten unteren Molaren und senkrecht darunter gemessen.

Tabelle 1

Einzelabweichungen der je 10 unter Verwendung
von SILAPLAST hergestellten Modelle.

(Angabe der Werte in mm)

Kunststoff	1	2	3	4	5
PALADUR ROSA STANDARD	0,30	0,28	0,33	0,35	0,34
PALAVIT G	0,20	0,19	0,22	0,17	0,19
PALAVIT M	0,23	0,25	0,27	0,24	0,28
	6	7	8	9	10
PALADUR ROSA STANDARD	0,27	0,35	0,29	0,32	0,27
PALAVIT G	0,21	0,18	0,17	0,16	0,21
PALAVIT M	0,29	0,27	0,25	0,27	0,25

Tabelle 2

Einzelabweichungen der je 10 unter Verwendung
von LASTIC 55 hergestellten Modelle.

(Angabe der Werte in mm)

Kunststoff	1	2	3	4	5
PALADUR ROSA STANDARD	0,25	0,18	0,20	0,22	0,24
PALAVIT G	0,28	0,22	0,25	0,24	0,27
PALAVIT M	0,08	0,18	0,08	0,06	0,01
	6	7	8	9	10
PALADUR ROSA STANDARD	0,19	0,21	0,26	0,22	0,23
PALAVIT G	0,26	0,23	0,24	0,26	0,25
PALAVIT M	0,23	0,10	0,10	0,03	0,20

7. Auswertung der Meßergebnisse

Wie in Tabelle 1 zu sehen ist, wurde bei allen hergestellten Modellen die Länge der Strecken a und b gemessen und die Differenz c errechnet. Für das Ausgangsmodell liegt diese Differenz fest. Die Änderung von c war ein Maß für die Verformung der Modelle. Bei den einzelnen Kombinationen Abformmaterial / Kunststoff ergaben sich folgende Mittelwerte für die Dimensionsänderung:

(m = Mittelwert, σ = mittlerer Fehler der Meßwerte)

SILAPLAST / PALADUR ROSA	$m \pm \sigma = 0,31 \text{ mm} \pm 0,032 \text{ mm}$
SILAPLAST / PALAVIT G	$m \pm \sigma = 0,26 \text{ mm} \pm 0,020 \text{ mm}$
SILAPLAST / PALAVIT M	$m \pm \sigma = 0,19 \text{ mm} \pm 0,018 \text{ mm}$
LASTIC 55 / PALADUR ROSA	$m \pm \sigma = 0,25 \text{ mm} \pm 0,018 \text{ mm}$
LASTIC 55 / PALAVIT G	$m \pm \sigma = 0,22 \text{ mm} \pm 0,025 \text{ mm}$
LASTIC 55 / PALAVIT M	$m \pm \sigma = 0,11 \text{ mm} \pm 0,073 \text{ mm}$

Diese Werte zeigen, daß bei allen mit LASTIC 55 hergestellten Kunststoffmodellen geringere Verformungen auftraten, wie bei den mit SILAPLAST hergestellten.

Die Unterschiede betragen bei PALAVIT M 8/100 mm, bei PALADUR ROSA STANDARD 6/100 mm und bei PALAVIT G 4/100 mm. Bei beiden Abformmaterialien war bei PALADUR ROSA STANDARD die größte, bei PALAVIT G eine etwas geringere und bei PALAVIT M die geringste Dimensionsänderung zu verzeichnen. (Tabelle 1 und 2)

Die größten Dimensionsänderungen wurden bei der Kombination SILAPLAST / PALADUR ROSA STANDARD mit $m = 0,31$ mm gemessen, die geringsten bei der Kombination LASTIC 55 / PALAVIT M mit $m = 0,11$ mm.
(m = Mittelwert)

8. Ergebnisse

Die Auswertung der Meßergebnisse hat gezeigt, daß Dimensionsänderungen bei Kunststoffmodellen aus Autopolymerisaten aus der Gruppe der Polymethylmethacryle in Form einer komplexen Verformung auftreten, die als Verwindung bezeichnet werden können. Diese Verwindung äußerte sich bei allen untersuchten Kunststoffmodellen in einer Kippung des Alveolarfortsatzes nach vestibulär. Die geringsten Dimensionsänderungen waren bei der Kombination LASTIC 55 / PALAVIT M zu verzeichnen.

Daß die Wahl des Abformmaterials einen Einfluß auf das Dimensionsverhalten hat, zeigen die durchweg geringeren Verwindungen, die mit LASTIC 55 erzielt werden konnten. Ein Grund für die unterschiedlichen Ergebnisse der beiden Abformmaterialien könnte in ungenauer Härterdosierung zu suchen sein.

Die Dimensionsänderungen der Hartgipsmodelle lagen innerhalb der Abweichungen der Kunststoffmodelle. Die Zusatzversuche mit den Hartgipsmodellen haben aber ergeben, daß mit einem geeigneten Verfahren der Modellherstellung mit den Hartgipsmodellen Dimensionsänderungen erreicht werden können, die mit den geringsten Abweichungen der Kunststoffmodelle vergleichbar sind.

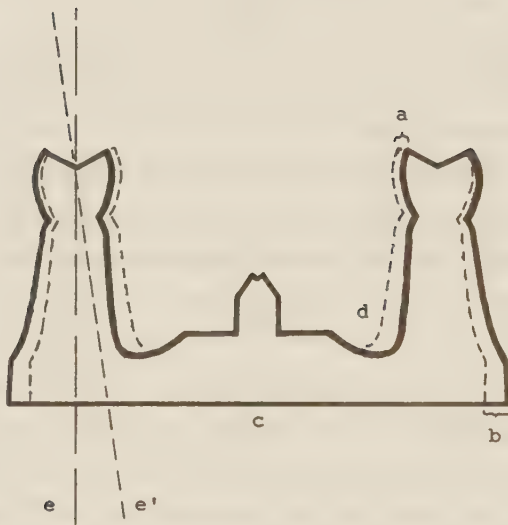


Abbildung 6: Darstellung der Dimensionsänderungen der Kiefermodelle mit Hilfe eines Querschnittes im Bereich der ersten Molaren. (Die Schrumpfung ist nicht maßstabgerecht gezeichnet.) a und b zeigen die unterschiedliche Schrumpfung der Modelle in Höhe der Zahnkronen und am Sockel. c = Ausgangsmodell, d = Umriss des geschrumpften Modells. Die Geraden e und e' verdeutlichen die Kippung des Alveolarfortsatzes.

9. Bewertung der Ergebnisse

Es stellt sich die Frage, ob es sich bei den erhaltenen Werten um rein zufällige Angaben handelt, oder ob man die Ergebnisse als statistisch gesichert ansehen kann. Dies wurde mit einer Signifikanzrechnung zu beantworten versucht.

Die bei den Ergebnissen verwendete Größe G gibt Auskunft über die Genauigkeit des Mittelwertes. G ist der mittlere Fehler der Meßwerte. Er errechnet sich auf folgende Weise:

$$G = \sqrt{\frac{\sum \Delta x_i^2}{(n-1)}} \quad \begin{array}{l} n = \text{Zahl der Meßwerte} \\ x_i = \text{absoluter Fehler} \end{array}$$

Das Ergebnis einer Meßreihe muß immer $m \pm G$ sein, sonst ist es wertlos.

Um zwei Meßreihen miteinander vergleichen zu können, benötigt man die Größe $\bar{G}$. $\bar{G}$ ist der mittlere Fehler des Mittelwertes. Er errechnet sich folgendermaßen:

$$\bar{G} = \frac{G}{\sqrt{n}}$$

Eine zwischen den Mittelwerten zweier Meßreihen gefundene Differenz wird dann als nicht zufällig angesehen, wenn sie größer ist, als die dreifache mittlere Abweichung der Einzelmessungen von dem betreffenden Mittelwert.

Als Formel ausgedrückt :

$$m_1 - m_2 > 3\overline{\sigma}_1 \text{ und } 3\overline{\sigma}_2$$

Die Signifikanzrechnung der vorliegenden Meßwerte hat ergeben, daß die Ergebnisse als statistisch gesichert angesehen werden können.

10. Mögliche Fehlerquellen

Bei den Versuchen wurde darauf geachtet, für alle Messungen möglichst identische Bedingungen zu schaffen und Messfehler, die prinzipiell bedingt sind, so weit wie möglich auszuschalten.

Eine Fehlerquelle könnten die eingefräßten Meßpunkte auf den Modellen sein, denn sie unterliegen auch einer gewissen Schrumpfung. Das könnte dazu führen, daß die Stifte der Meßuhr nicht mehr ganz in die Meßpunkte hineinpassen. Da aber beide Endpunkte der zu messenden Strecke der gleichen Schrumpfung unterliegen, dürfte dies für die Länge der gemessenen Strecke keine Auswirkungen haben.

Eine andere Fehlerquelle könnte in der ungenauen Wiedergabe der Meßpunkte durch die Abformmaterialien liegen. Die bestmöglich wiederzugebende Form der Meßpunkte wurde deshalb in den Vorversuchen ermittelt, und die Abdrücke wurden oft mehrmals wiederholt, wenn Ungenauigkeiten feststellbar waren.

Durch die auswechselbaren Meßstifte am beweglichen Teil der Meßuhr, die durch die unterschiedlich hoch liegenden Meßpunkte notwendig geworden waren, könnte

es auch zu Meßfehlern kommen. Das wurde auf folgende Weise zu vermeiden versucht: Die Meßstifte wurden an je eine Schraube angelötet, die in das Gewinde am Ende des beweglichen Teils der Meßuhr paßte. Sie zeigten senkrecht nach unten, wenn die Schrauben bis zum Anschlag eingedreht wurden und die Meßuhr waagerecht eingespannt war.

Durch das Abformmaterial kann es ebenfalls zu Fehlern kommen. Nach PFANNENSTIEL (21) führt unzureichend vermischtes Abformmaterial zu Verzerrungen des Abdrucks. Ungenaue Härterdosierung führt bei zu viel Härter zu erhöhter Schrumpfung der SILIKON - Massen und bei zu wenig Härter kommt es zu ungenügender Aushärtung der Abformmassen.

Verarbeitungsfehler der Abformmassen wurden durch genaueste Dosierung der Härter zu vermeiden versucht.

D) DISKUSSION DER ERGEBNISSE

Die Aufgabe der vorliegenden Arbeit bestand darin, Hartgips- und Kunststoffmodelle bezüglich ihres Dimensionsverhaltens zu untersuchen und festzustellen, ob sich die bisher verwendeten Hartgipsmodelle für bestimmte Aufgaben, zum Beispiel in der Gnathologie, durch solche aus Kunststoff ersetzen lassen. Mit einem Verbrauch von 3 - 3,5 kg Kunststoff wurden 60 Kunststoffmodelle auf ihr Dimensionsverhalten untersucht. Eine Dimensionsänderung der Kunststoffmodelle wurde in Form einer komplexen Formänderung, die als Verwindung bezeichnet werden kann, nachgewiesen. Die Kiefermodelle waren alle geschrumpft, und zwar am Modellsockel stärker wie in Höhe der Zahnkronen. Diese unterschiedliche Schrumpfung führte zu einer Kippung des Alveolarfortsatzes nach vestibulär.

Der Grund für die stärkere Schrumpfung des Modellsockels ist darin zu suchen, daß im Modellsockel die größte Kunststoffmasse vereint ist.

Zwischen den einzelnen Kunststoffen betrug die größte Differenz 14/100 mm, und zwar zwischen PALADUR ROSA STANDARD und PALAVIT M. Mit PALAVIT M wurden die besten

Ergebnisse erzielt. Zwischen den beiden untersuchten Abformmaterialien waren auch Unterschiede zu verzeichnen. Die maximale Differenz lag bei 8/100 mm. Dieser Wert ist verhältnismäßig gering, so daß gesagt werden darf, daß für die Dimensionseigenschaften der Modelle die Wahl des Abformmaterials von untergeordneter Bedeutung ist. Dies trifft zumindest für SILAPLAST und LASTIC 55 zu. Wodurch die Unterschiede zwischen den Abformmaterialien hervorgerufen werden, konnte im Rahmen dieser Arbeit nicht geklärt werden.

Die geringsten Dimensionsänderungen wurden mit der Kombination LASTIC 55 / PALAVIT M erreicht. Bei der Verwendung dieser beiden Materialien wurde im Mittel eine Verwindung von 11/100 mm festgestellt.

Für die Verwindung der Hartgipsmodelle wurde ein Mittelwert von 24/100 mm errechnet. Dieser Wert liegt etwas unter dem Durchschnitt der Mittelwerte, die bei den Kunststoffmodellen gefunden wurden. Die Zusatzversuche mit den Hartgipsmodellen haben aber ergeben, daß die Genauigkeit der Hartgipsmodelle noch verbessert werden kann. Mit einem geeigneten Modellherstellungsverfahren können mit den Hartgipsmodellen Dimensionsänderungen erreicht werden, die den geringsten Abweichungen der Kunststoffmodelle entsprechen.

Diese Ergebnisse zeigen, daß die Kunststoffmodelle bezüglich ihres Dimensionsverhaltens den bisher verwendeten Hartgipsmodellen in keiner Weise unterlegen sind. Es können mit geeigneten Materialkombinationen Kunststoffmodelle mit besseren Werten hergestellt werden, als diese bisher mit Hartgipsmodellen möglich waren.

Es erscheint also möglich, in der Gnathologie endlich Modelle mit größerer Oberflächenhärte und geringerer Verletzlichkeit der Oberfläche verwenden zu können.

E) ZUSAMMENFASSUNG

Es wurden an einem Standard - Ausgangsmodell eines Unterkiefers Meßpunkte angebracht und von diesem Modell mittels verschiedener SILIKON - Massen Abformungen hergestellt. Die Negativformen wurden mit Autoplasten im Schichtverfahren gefüllt und die Änderung der Werte der Meßstrecken zwischen den Meßpunkten festgestellt. Dabei zeigte sich eine unterschiedliche Verkürzung der Meßstrecken, die auf eine Verwindung der Kunststoffmodelle schließen läßt.

In gleicher Weise wurde die Modelltreue der heute allgemein üblichen Kombination von Alginatabformmassen mit Hartgips überprüft.

Unter bestimmten Voraussetzungen stehen die Kunststoffmodelle denen aus Hartgips dimensionsmäßig nicht nach, übertreffen diese sogar an Genauigkeit der Reproduzierbarkeit.

Ein Vorschlag zur Verbesserung der Maßhaltigkeit bei Hartgipsmodellen nach Alginatabformung basiert auf den Kontrollergebnissen.

Chargennummern der verwendeten Materialien:

SILAPLAST H 100

LASTIC 55 179103

PALAVIT M Pulver 2011, 6089 Flüssigkeit 460

PALAVIT G Pulver 6890, 6913 Flüssigkeit 181

PALADUR ROSA STANDARD Pulver 3809 Flüssigkeit 1292

PALGAT 4235

DUROC D4K8K

7. WEIKART, P. Werstoffkunde für Zahnärzte.
Carl Hanser Verlag München (1966)
8. HILLER, A. Vergleich der chemisch-physika-
lischen Eigenschaften neuerer
selbstpolymerisierender Kunststoffe.
Med. Diss. Bonn (1957)
9. CASTAGNOLA, L. Selbstpolymerisierende Kunststoffe.
und VON ARX, H. Schweiz. Mschr. Zahnheilk. 64:
1103-1133/1245-1273 (1954)
10. VOGEL, W. Untersuchungen über die Möglichkeit
der Verwendung schnellhärtender
Kunststoffe als Modellmaterial
in der zahnärztlichen Gußtechnik.
Med. Diss. Greifswald (1957)
11. KAUFMANN, D. Wichtige mechanisch-physikalische
Eigenschaften des Palavits im Ver-
gleich zu anderen schnellhärtenden
Kunststoffen und anderen Füllungs-
materialien.
Med. Diss. FU, Berlin (1955)
12. GÜNTZER, B. H. Das Dimensionsverhalten von
Selbstpolymerisaten in der
Polymerisationsphase.
Med. Diss. Erlangen (1968)

13. HOFMANN, M. und
LUDWIG, P. Über das Dimensionsverhalten
verschiedener Abdruckwerkstoffe
in Hinblick auf ihre Eignung
für das Korrekturabdruckver-
fahren. (1. + 2. Teil)
Dtsch. zahnärztl. Z. 23: 6-19
und 438-449 (1968)
14. SCHWINDLING, R. Die Abformung mit silikonhalti-
gen Abformmassen.
Dtsch. zahnärztl. Z. 21: 936
(1966)
15. FUCHS, P. und
KOBES, L. Untersuchungen zum Dimensionsver-
halten silikonhaltiger elastischer
Abformmassen.
Dtsch. Zahnärztebl. 21: 218-223
(1967)
16. EFFINGER, A. Volumen-, Gewichts- und Elastizi-
tätsverhalten zahnärztlicher Ab-
druckmassen auf SILIKON - Basis.
Dtsch. zahnärztl. Z. 5: 256-265
(1958)
17. ILG, V. K. Untersuchungen zum Dimensionsver-
halten der SILIKON - Abdruckmassen.
Dtsch. zahnärztl. Z. 13: 1372
(1958)

18. BUCHAN, S. Resilience and Stability of Alginate Impression Materials. Brit. dent. J. 115: 455 (1963)
19. SCHWICKERATH, H. Grundsätzliches zur Abformung und zu den Abformmaterialien. Dtsch. zahnärztl. Z. 27: 91-95 (1972)
20. SCHWICKERATH, H. Das Fließverhalten von Alginat - Abformmaterialien. Dtsch. zahnärztl. Z. 25: 553-557 (1970)
21. PFANNENSTIEL, H. Das Abformproblem aus der Sicht des zahntechnischen Laboratoriums. Dtsch. zahnärztl. Z. 27: 579-583 (1972)

An dieser Stelle sei es mir gestattet, Herrn Professor Dr. L. Kobes für die freundliche Überlassung des Themas, die wertvolle Hilfe bei aufgetretenen Problemen und die Durchsicht und Korrektur der Arbeit zu danken.

Außerdem bin ich dem Dental - Laboratorium Walter Knab in Crailsheim für die Überlassung der Geräte und des verwendeten Materials zu Dank verpflichtet.

Lebenslauf

Ich, Walter Werner Knab, bin am 27.9.1945 in Alt - Lublitz Kr. Troppau (CSSR) als Sohn der Hausfrau Hildegard Knab, geb. Drösler und des Dentisten Walter Knab geboren. Als Folge des verlorenen Krieges wurden wir 1946 in die Bundesrepublik Deutschland ausgewiesen. Bis zum Jahre 1951 wohnten wir in Bartenstein Kr. Crailsheim, von wo wir nach Schrozberg Kr. Crailsheim zogen. Hier besuchte ich 4 1/2 Jahre die Grundschule, bis wir 1956 aus geschäftlichen Gründen unseren Wohnsitz nach Crailsheim verlegen mußten. In Crailsheim besuchte ich das Albert - Schweitzer - Gymnasium und legte 1966 das Abitur ab. Im Sommersemester 1966 begann ich an der Friedrich - Alexander - Universität Erlangen - Nürnberg mit dem Studium der Zahnmedizin. Am 16.10.72 bestand ich die zahnärztliche Prüfung.

Offsetdruck-Fotodruck

J. Hogl, 8520 Erlangen, Hauptstr. 109 (Nähe Martin-Luther-Platz) Tel.22990